

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Yuichi KAWAHATA

Application No.: TBA

Group Art Unit: TBA

Filed: March 2, 2004

Examiner: TBA

For: OPTICAL COMPONENT PROVIDED WITH DEMULTIPLEXING FUNCTION AND  
WAVELENGTH DISPERSION COMPENSATOR

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant submits herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2003-298239

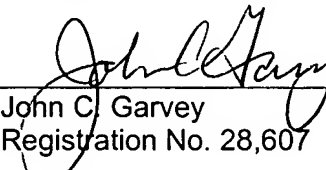
Filed: August 22, 2003

It is respectfully requested that the applicant be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 3-2-04

By:   
John C. Garvey  
Registration No. 28,607

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 8月22日

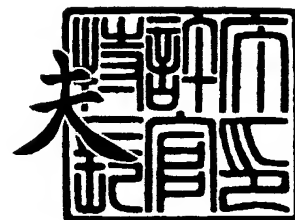
出願番号  
Application Number: 特願2003-298239  
[ST. 10/C]: [JP2003-298239]

出願人  
Applicant(s): 富士通株式会社

2003年12月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3107570

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0351336  
【提出日】 平成15年 8月22日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01J 3/26  
G02B 5/18  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
内  
【氏名】 川幡 雄一  
【特許出願人】  
【識別番号】 000005223  
【氏名又は名称】 富士通株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100078330  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 笹島 富二雄  
【電話番号】 03-3508-9577  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 009232  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9719433

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品であって、

前記素子は、前記各反射面に略垂直な第 1 側面と、該第 1 側面に対向し、かつ、前記各反射面の垂直方向に対して傾いた第 2 側面とを有し、前記入射光が前記第 1 側面を透過した後に前記各反射面の間を通過して前記第 2 側面で反射され、該第 2 側面の反射光が前記各反射面で多重反射される構成としたことを特徴とする光部品。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の光部品であって、

前記第 2 側面は、反射光が一次元方向に集光可能な形状の反射面を持つミラー部を少なくとも一部に形成したことを特徴とする光部品。

**【請求項 3】**

相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、

該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を反射して前記光部品にそれぞれ戻す反射器とを備えた波長分散補償器であって、

前記光部品は、前記素子が前記各反射面に略垂直な第 1 側面と、該第 1 側面に対向し、かつ、前記各反射面の垂直方向に対して傾いた第 2 側面とを有し、前記入射光が前記第 1 側面を透過した後に前記各反射面の間を通過して前記第 2 側面で反射され、該第 2 側面の反射光が前記各反射面で多重反射される構成としたことを特徴とする波長分散補償器。

**【請求項 4】**

相対する平行な 2 つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、

該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を反射して前記光部品にそれぞれ戻す反射器とを備えた波長分散補償器であって、

前記光部品の一方の反射面と前記反射器との間の光路上に、光の伝搬方向を反対方向に変えるための折り返しプリズムを備えて構成されたことを特徴とする波長分散補償器。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の波長分散補償器であって、

前記光部品は、前記素子が前記各反射面に略垂直な第 1 側面と、該第 1 側面に対向し、かつ、前記各反射面の垂直方向に対して傾いた第 2 側面とを有し、前記入射光が前記第 1 側面を透過した後に前記各反射面の間を通過して前記第 2 側面で反射され、該第 2 側面の反射光が前記各反射面で多重反射される構成としたことを特徴とする波長分散補償器。

**【書類名】明細書****【発明の名称】**分波機能を備えた光部品および波長分散補償器**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光通信の分野において、波長分割多重（Wavelength Division Multiplexing：WDM）光を波長に応じて分波する機能を備えた光部品およびそれを用いた波長分散補償器に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

従来の分波機能を備えた光部品として、例えば、WDM光を波長に応じて空間的に区別可能な複数の光束に分波する、いわゆるバーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ（Virtually Imaged Phased Array：VIPA）を利用した各種の光学装置が提案されている（例えば、下記の特許文献1、2参照）。

図10は、従来のVIPA型波長分散補償器の構成例を示す斜視図である。また、図11は、図10の構成例の上面図である。

**【0003】**

各図に示すように、従来のVIPA型波長分散補償器では、光サーキュレータ120を介して光ファイバ130の一端から出射されたWDM光が、コリメートレンズ140で平行光に変換された後に、ライン焦点レンズ150によって1つの線分の上に集光され、VIPA板110の照射窓116を通して対向する平行平面の間に入射される。このVIPA板110への入射光は、例えば、VIPA板110の一方の平面に形成された100%より低い反射率を有する反射多層膜112と、他方の平面に形成された略100%の反射率を有する反射多層膜114との間で多重反射を繰り返す。その際、反射多層膜112の面で反射するごとに数%の光が当該反射面を透過してVIPA板110の外に出射される。なお、VIPA板110への入射光の光軸は、VIPA板110に垂直入射となる角度に対して所要の角度だけ傾けられている。

**【0004】**

VIPA板110を透過した光は、相互に干渉し、波長に応じて進行方向が異なる複数の光束を作る。その結果、各光束を収束レンズ160で1点に集光すると、各々の集光位置は波長の変化に伴って直線上を移動するようになる。この直線上に例えば自由曲面ミラー170を配置することにより、VIPA板110から出射され収束レンズ160で集光された光は、各々の波長に応じて自由曲面ミラー170上の異なる位置で反射されてVIPA板110に戻される。自由曲面ミラー170で反射された光は、元に伝搬した光路に対して、正確に反対の方向の光路を通過して伝搬するため、異なる波長成分は異なる距離を伝搬することになって、WDM光の波長分散補償が行われるようになる。

**【0005】**

上記のようにVIPA板110で多重反射される光の振る舞いは、例えば図12に示すようなモデルを考えると、階段状の回折格子として周知のエシュロン格子（Echelon grating）と同様の振る舞いをする。このため、VIPA板110は仮想的な回折格子として考えることができる。また、例えば図13に示すようなモデルを基にVIPA板110における干渉条件を考えると、出射光はその光軸を基準にして上側が短波長、下側が長波長の条件で干渉するので、WDM光に含まれる複数の光信号のうちの短波長側の光信号が光軸の上側に出射され、長波長側の光信号が光軸の下側に出射されることになる。

**【特許文献1】**特開平9-43057号公報**【特許文献2】**特表2000-511655号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

ところで、上記のようなVIPA板110を用いた光学系において、モジュールの挿入損失を発生させる主な要因としては、次のような4つの項目を挙げることができる。

- (1) HR/ARエッジ損失
- (2) エタロン透過損失
- (3) 他モード損失
- (4) モード結合損失

上記の(1)～(4)の各損失について、図14を参照して具体的に説明すると、(1)のHR/ARエッジ損失は、VIP A板110の反射多層膜112で反射された光が対向する面上の照射窓116と反射多層膜114の境界部分(HR/ARエッジ)に到達した場合に発生する損失である。また、(2)のエタロン透過損失は、VIP A板110の材質等に依存した透過光の損失である。(3)の他モード損失は、VIP A板110で多重反射されて相互に干渉した光のうちで予め設定した次数(基本次)以外に発生する他の次数(図14における±1次)の光による損失である。(4)のモード結合損失は、図14の中程に示した、VIP A板110から出射される干渉光の強度分布 $I_1$ と、VIP A板110に戻される干渉光の強度分布 $I_2$ とが重なり合う部分に相当する損失のことである。

#### 【0007】

上記のような損失要因のうちのHR/ARエッジ損失と他モード損失とは、VIP A板110に入射されるWDM光の集光状態に応じてトレードオフの関係にあることが知られている。すなわち、上記の図14に示したように、VIP A板110の照射窓116から入射され反射多層膜112近傍の線分上に集光されたビームについて、そのビームウェスト $2\omega_0$ が細くなるようにすると、HR/ARエッジ損失は小さくなるが、出射ビームの発散角 $\theta_{bo}$ が大きくなるため、他モード損失は大きくなる。一方、図15に示すように、集光ビームのビームウェスト $2\omega_0$ を太くすると、出射ビーム発散角 $\theta_{bo}$ が小さくなるため、他モード損失は小さくなるが、HR/ARエッジ損失は大きくなる。このため、従来のVIP A板110を用いた光学系では、挿入損失の低減を図ることに制約が生じてしまうという課題がある。

#### 【0008】

また、前述の図10に示したような従来のVIP A型波長分散補償器は、各光部品を略一直線上に配置した光学系が用いられるため、その長手方向のサイズが比較的大きくなってしまい小型化が難しいという欠点もある。

本発明は上記の点に着目してなされたもので、挿入損失の低減および小型化を可能にする分波機能を備えた光部品および波長分散補償器を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

このため、本発明の分波機能を備えた光部品は、相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される。そして、この光部品の前記素子は、前記各反射面に略垂直な第1側面と、該第1側面に対向し、かつ、前記各反射面の垂直方向に対して傾いた第2側面とを有し、前記入射光が前記第1側面を透過した後前記各反射面の間を通過して前記第2側面で反射され、該第2側面の反射光が前記各反射面で多重反射される構成とする。

#### 【0010】

かかる構成の光部品では、入射光を多重反射させる平行な反射面を有する素子に対して、各反射面に略垂直な第1側面から入射光が与えられ、その入射光が各反射面間を通過して対向する第2側面に送られて反射される。第2側面で反射された光は、平行な反射面の垂直方向に対する第2側面の傾きに応じて平行な反射面のいずれかの側に送られ、以降、各反射面間で多重反射が繰り返されて、一方の反射面を透過した多重反射光が干渉することで波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される。このように素子に対して第1側面から入射光を与えるようにしたことで、入射光の集光状態に拘わらず、従来のようなHR/ARエッジ損失の発生をなくすることができる。これにより、他モード損失が低減される

ように入射光の集光状態を最適化することが可能になる。また、素子の側面より入射光を与えるようにしているため、光部品の小型化を図ることも可能になる。

#### 【0011】

本発明の波長分散補償器の1つの態様は、上記のような構成の分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を反射して光部品にそれぞれ戻す反射器とを備えて構成されるものである。かかる構成によれば、挿入損失の低減および小型化を実現した波長分散補償器を提供することが可能になる。

また、本発明の波長分散補償器の他の態様は、相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を反射して前記光部品にそれぞれ戻す反射器とを備えた構成について、前記光部品の一方の反射面と前記反射器との間の光路上に、光の伝搬方向を反対方向に変えるための折り返しプリズムを備えるようにしたものである。

#### 【0012】

かかる構成によれば、光部品の一方の反射面と反射器との間の光路が折り返しプリズムによって折り返されるため、波長分散補償器の長手方向のサイズが短縮されるようになる。

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明の分波機能を備えた光部品および波長分散補償器は、相対する平行な2つの反射面を有する素子に対して第1側面から入射光を与え、その入射光を対向する第2側面で反射させて平行な反射面間での多重反射を発生させるようにしたことによって、挿入損失の低減および小型化を実現することが可能になる。また、本発明の波長分散補償器は、折り返しプリズムを利用した光学系を適用することで、その長手方向のサイズを効果的に短くすることが可能になる。

#### 【0014】

なお、本発明の他の目的、特徴および利点に関しては、添付図面に関連する実施の形態についての以下の説明で明白になるであろう。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0015】

以下、本発明を実施するための最良の形態について添付図面を参照しながら説明する。なお、全図を通して同一の符号は同一または相当部分を示すものとする。

図1は、本発明にかかる波長分散補償器の第1実施形態の全体構成を示す斜視図である。

図1において、第1実施形態の波長分散補償器は、例えば、相対する平行な2つの反射面を有する素子としてのVIPA板1と、そのVIPA板1の反射多層膜が形成された平行平面に略垂直な第1側面に対して一線分上に集光するWDM光を入射可能にする第1光学系としての、光サーキュレータ2、光ファイバ3、コリメートレンズ4およびライン焦点レンズ5と、VIPA板1で多重反射されて一方の平面から出射される光束を1点に集光する第2光学系としての収束レンズ6と、その収束レンズ6で集光された光を所要の位置で反射し、収束レンズ6を介してVIPA板1に戻すための反射器としての自由曲面ミラー7と、を備えて構成される。

#### 【0016】

VIPA板1は、例えば図2の側方断面図に示すように、対向する平行平面（図2における左右面）を備えたガラス板10と、そのガラス板10の平行平面にそれぞれ形成された反射多層膜12、14と、平行平面に垂直な方向に対して傾けて形成された凹面シリンドリカルミラー部16と、を有する。ガラス板10は、反射多層膜12、14の形成された平行平面に略垂直な第1側面10A（図2における上面）を有し、その側面10Aの上

方に配置されたライン焦点レンズ5で集光されたWDM光が側面10Aより平行平面間に与えられる。

#### 【0017】

反射多層膜12は、側面10Aから入射されるWDM光に対して100%より低い（好ましくは95～98%程度）反射率を有し、ガラス板10の一方の平面（図2では右面）全体に形成されている。また、反射多層膜14は、側面10Aから入射されるWDM光に対して略100%の反射率を有し、ガラス板10の他方の平面（図2では左面）全体に形成されている。

#### 【0018】

凹面シリンドリカルミラー部16は、例えば、ガラス板10の側面10Aに対向する第2側面（図2における下面）の一部分若しくは全体を円筒状の凹面に加工し、その加工面に略100%の反射率を有する反射多層膜を形成したものである。なお、ここでは第2側面に凹面シリンドリカルミラーを形成するようにしたが、第2側面の形状はこれに限定されるものではなく、例えば、平行平面の垂直方向に対して傾斜した平板状のミラーを第2側面に形成するようにしてもよい。また、後述するように側面10Aを通して凹面シリンドリカルミラー部16に入射される光が反射多層膜14側に反射されるように、平行平面の垂直方向に対して凹面シリンドリカルミラー部16を傾けた一例を示したが、入射光が反射多層膜14側に反射されるように、凹面シリンドリカルミラー部16を傾けて配置することも可能である。

#### 【0019】

光サーキュレータ2は、例えば、3つのポートを有し、第1ポートから第2ポートに向かう方向、第2ポートから第3ポートに向かう方向、第3ポートから第1ポートに向かう方向に光を伝達する一般的な光部品である。ここでは本波長分散補償器に入力されるWDM光が、光サーキュレータ2の第1ポートに与えられ、第2ポートを介して光ファイバ3の一端に送られると共に、光ファイバ3の他端に戻されてきたWDM光が、第2ポートを介して第3ポートから本波長分散補償器の出力光として出力される。

#### 【0020】

光ファイバ3は、例えばシングルモード光ファイバ等の一端を光サーキュレータ2の第2ポートに接続し、他端をコリメートレンズ4の近傍に配置したものである。なお、光ファイバ3の種類は上記に限られるものではない。

コリメートレンズ4は、光ファイバ3の他端から出射される光ビームを平行光に変換してライン焦点レンズ5に与える一般的なレンズである。

#### 【0021】

ライン焦点レンズ5は、コリメートレンズ4からの平行光を1つの線分の上に集光させるものであり、具体的にはシリンドリカルレンズや屈折率分布レンズなどを用いることが可能である。

収束レンズ6は、VIP A板1で多重反射して反射多層膜12側から出射され、相互に干渉して進行方向が波長ごとに異なる複数の光束をそれぞれ1点に集光する一般的なレンズである。

#### 【0022】

自由曲面ミラー7は、例えば、表面形状が非球面の3次元構造となっており、その非球面ミラー上には設計基準となる中心軸が存在する。この自由曲面ミラー7は、図示しない移動ステージ上に取り付けられていて、移動ステージの走行軸と中心軸の各方向（図1におけるX軸方向）とが平行となるように配置されている。移動ステージによって自由曲面ミラー7を移動させることにより、本波長分散補償器における波長分散の補償量の調整が可能となる。

#### 【0023】

次に、第1実施形態の波長分散補償器の動作について説明する。

上記のような構成の波長分散補償器では、光サーキュレータ2の第1ポートに入力されたWDM光が第2ポートを介して光ファイバ3に送られる。光ファイバ3から出射された



WDM光は、コリメートレンズ4で平行光に変換された後、ライン焦点レンズ5によって一線分上に集光される。

#### 【0024】

具体的に、ライン焦点レンズ5の透過光は、前述の図2に実線で示した軌跡にあるように、側面10AからVIPA板10の内部に入射され、反射多層膜12、14の形成された平行平面の間を通過して、凹面シリンドリカルミラー部16に到達する。そして、凹面シリンドリカルミラー部16に入射した光は、ここでは反射多層膜14側に反射されて略100%の反射率を有する平行平面に入射角 $\theta_i$ で与えられ、以降、従来のVIPA板と同様にして、反射多層膜12、14の形成された平行平面間で多重反射される。なお、図2中の下側に示した点線は、従来のVIPA板における入射光の軌跡を本実施形態のVIPA板10に対応させて例示したものである。

#### 【0025】

ライン焦点レンズ5の光学特性および凹面シリンドリカルミラー部16の光学特性は、各々の特性の組み合わせにより、VIPA板10の内部で多重反射される光が、出射面（反射多層膜12の形成された平面）に最初に到達する位置の近傍で一線分上に集光し、後述するような所望のビームウェスト $2\omega_0$ が得られるように設計されている。また、前述したように凹面シリンドリカルミラー部16に代えて平板状の傾斜した反射面をVIPA板1の下面に形成する場合には、ライン焦点レンズ5の光学特性のみによって、上記のような集光状態が得られるように光学設計を行うものとする。

#### 【0026】

VIPA板1で多重反射されたWDM光は、100%よりも低い反射率を有する反射多層膜12側の面で反射されるごとに数%が当該面を透過してVIPA板1の外に出射される。そして、VIPA板1を透過した光は、相互に干渉し、波長に応じて進行方向の異なる複数の光束がそれぞれ形成される。具体的に図2の右側に示した一例においては、基本短波長 $\lambda$  (0S)の光束、基本中波長 $\lambda$  (0M)の光束および基本長波長 $\lambda$  (0L)の光束、並びに、 $\pm 1$ 次短波長 $\lambda$  ( $\pm 1S$ )の光束、 $\pm 1$ 次中波長 $\lambda$  ( $\pm 1M$ )の光束および $\pm 1$ 次長波長 $\lambda$  ( $\pm 1L$ )の光束がそれぞれ形成される。

#### 【0027】

VIPA板1の反射多層膜12側から異なる方向に出射された各波長の光束は、収束レンズ6により自由曲面ミラー7の中心軸上の異なる位置にそれぞれ集光されて反射される。そして、自由曲面ミラー7で反射された各波長の光は、反射される前に伝搬してきた光路を反対の方向にそれぞれ進み、収束レンズ6、VIPA板1、ライン焦点レンズ5、コリメートレンズ4および光ファイバ3を順に通過して、光サーキュレータ2の第3ポートから出力される。これにより、本波長分散補償器に入力されるWDM光に対して、自由曲面ミラー7の位置に応じて設定される所要量の波長分散補償を施したWDM光が波長分散補償器から出力されるようになる。

#### 【0028】

上述したようなVIPA型波長分散補償器においては、VIPA板1について、反射多層膜12、14の形成された各平面上のいずれにも従来の照射窓に相当する部分が存在しないため、VIPA板1に与えられるWDM光の集光状態に拘わらず、HR/ARエッジ損失が発生することがない。このため、従来のVIPA板におけるHR/ARエッジ損失および他モード損失のトレードオフを解消することができるようになる。これにより、他モード損失が低減されるように入射光の集光状態を最適化することが可能になる。

#### 【0029】

具体的には、例えば図3に示す透過（損失）波長特性のシミュレーション結果にあるように、従来の構成において、入射角 $\theta_i$ を $3.1^\circ$ 、VIPA板1の厚さを $800\mu\text{m}$ 、VIPA板1の屈折率 $n$ を1.800、入射ビームのビームウェスト $2\omega_0$ を $22\mu\text{m}$ 、出射ビームの発散角 $\theta_{bo}$ を $2.57^\circ$ に設定した場合（条件a）の特性Aと、本実施形態の構成において、入射角度 $\theta_i$ を $2.5^\circ$ 、VIPA板1の厚さを $800\mu\text{m}$ 、VIPA板1の屈折率 $n$ を1.800、入射ビームのビームウェスト $2\omega_0$ を $50\mu\text{m}$ 、出射ビ

ームの発散角  $\theta_{bo}$  を  $1.41^\circ$  に設定した場合（条件 b）の損失波長特性 B とを比較すると、波長分散補償器の挿入損失を約  $1.3\text{ dB}$  以上低減できることが分かる。

#### 【0030】

なお、図 3 中の特性 A 1 は条件 a における HR/AR エッジ損失、特性 A 2 は条件 a におけるエタロン透過損失、特性 A 3 は条件 a における他モード損失、特性 A 4 は条件 a におけるモード結合損失をそれぞれ示すものである。従来の波長分散補償器における挿入損失に対応した特性 A は、上記の特性 A 1 ~ A 4 を足し合わせたものに相当する。

上記のように第 1 実施形態の波長分散補償器によれば、VIPA 板 1 に対してその側面 10A から入射光を与え、その入射光を対向する側面に形成した凹面シリンドリカルミラー部 16 で反射させて平行平面間での多重反射を発生させるようにしたことによって、挿入損失を効果的に低減することができるようになり、波長分散補償器の特性改善を図ることが可能になる。また、光学系を構成する各光部品を略一直線上に配置する必要がなくなるため、従来の VIPA 型波長分散補償器（図 10）に比べて、長手方向のサイズ（モジュール長）の小型化することもできる。

#### 【0031】

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。

図 4 は、第 2 実施形態による波長分散補償器の全体構成を示す斜視図である。また、図 5 は、図 4 における VIPA 板付近の構成を拡大して示した側方断面図である。

各図において、本実施形態の波長分散補償器の構成が上述した第 1 実施形態の構成と異なる部分は、第 1 実施形態で用いたコリメートレンズ 4 およびライン焦点レンズ 5 に代えて、2 焦点レンズ 18 を VIPA 板 1 の側面 10A に形成するようにした部分である。上記以外の他の部分の構成は第 1 実施形態の場合と同様であるため、ここでの説明を省略する。

#### 【0032】

2 焦点レンズ 18 は、例えば図 6 に示す拡大図にあるように、直交する x 軸および y 軸の各焦点距離が互いに異なるように設計された公知のレンズであり、その具体例としては 2 焦点シリンドリカルレンズ等を使用することができる。この 2 焦点レンズ 18 は、VIPA 板 1 の側面 10A に形成され、その近傍に配置される光ファイバ 3 との相対的な位置関係は、図 6 の上面図にあるように、2 焦点レンズ 18 の中心（対角線の交点）に対して光ファイバ 3 の中心軸をずらして、詳細には 2 焦点レンズ 18 の中心から VIPA 板 1 の平行平面に垂直な x 軸方向にずれた位置に光ファイバ 3 の中心軸が配置される。このような位置関係により、VIPA 板 1 の平行平面間に入射される光は、図 6 の  $x'-x'$  断面図に示すように VIPA 板 1 の平行平面に沿った y 軸方向については平行光となり、図 6 の  $y'-y'$  断面図に示すように x 軸方向については所要の焦点距離で集束された光となる。このような集光状態の入射光は、図 5 に実線で示した軌跡にあるように、第 1 実施形態の場合と同様にして、平行平面の間を通過して凹面シリンドリカルミラー部 16 で反射多層膜 14 側に反射され、以降、反射多層膜 12, 14 の形成された平行平面間で多重反射されるようになる。

#### 【0033】

上記のように光ファイバ 3 からの WDM 光が入射される VIPA 板 1 の側面 10A に 2 焦点レンズ 18 を形成するようにしても第 1 実施形態の場合と同様の作用効果を得ることができると共に、VIPA 板 1 と光ファイバ 3 の間に複数のレンズを配置する必要がなくなるため、組み立て作業の簡略化およびコスト低減などを図ることも可能になる。

なお、上記の第 1 および第 2 実施形態では、VIPA 板 1 の一方の平行平面から出射され収束レンズ 6 で集光された各波長の光束を自由曲面ミラー 7 で反射して VIPA 板 1 側に戻すことで波長分散の補償を行うようにした波長分散補償器について説明したが、本発明の用途は波長分散補償器に限定されるものではない。例えば、第 1、2 実施形態の構成について、自由曲面ミラー 7 に代えて、複数の光ファイバを並べたファイバアレイを設けるようにすれば、波長ごとに分波された光束を各光ファイバに導くことができ、VIPA 型波長分波器を構成することも可能である。

## 【0034】

次に、本発明の第3実施形態について説明する。

図7は、第3実施形態による波長分散補償器の全体構成を示す斜視図である。

図7において、本実施形態の波長分散補償器の構成が上述した第1実施形態の構成と異なる部分は、VIP A板1の多重反射光が出射される平面と自由曲面ミラー7との間の光路上に折り返しプリズム8を挿入して、モジュール長のさらなる小型化を図るようにした部分である。上記以外の他の部分の構成は第1実施形態の場合と同様であるため、ここの説明を省略する。

## 【0035】

折り返しプリズム8は、直角三角形の斜辺面に入射される光を他の2面で反射させることにより入射光の伝搬方向を180° 折り返した光を斜辺面から出射するプリズムである。この折り返しプリズム8は、ここでは収束レンズ6と自由曲面ミラー7の間に配置される。ただし、折り返しプリズム8の配置は、上記の位置に限定されるものではなく、例えば、VIP A板1と収束レンズ6の間に設けることも可能である。

## 【0036】

上記のような構成では、図8の上面図に実線で示した軌跡にあるように、上述した第1実施形態の場合と同様にしてVIP A板1から出射され収束レンズ6で集光された各波長の光は、折り返しプリズム8の斜辺面に入射されて各々の伝搬方向が折り返される。折り返しプリズム8の斜辺面から出射される各波長の光は、自由曲面ミラー7の中心軸上の異なる位置にそれぞれ集光されて反射される。自由曲面ミラー7で反射された光は、再び折り返しプリズム8の斜辺面に入射して伝搬方向が折り返され、第1実施形態の場合と同様にして元の光路を反対方向に伝搬する。なお、図8の上面図では、図を見易くするために、VIP A板1の側面10Aに対してWDM光を入出射するための光学系（光サーキュレータ2、光ファイバ3、コリメートレンズ4およびライン焦点レンズ5）の図示を省略している。

## 【0037】

上記のように第3実施形態の波長分散補償器によれば、折り返しプリズム8を利用した光学系を適用することで、長手方向のサイズ（モジュール長）を約1/2倍程度に短くすることができるようになる。折り返しプリズム8により光路を横方向（図7における水平方向）に折り返すことで、横方向のサイズは約1.2倍程度大きくなってしまいが、その横方向の変化は長手方向のサイズの短縮効果に比べて僅かなものであるため、波長分散補償器の一層の小型化を図ることが可能になる。

## 【0038】

なお、上記の第3実施形態では、折り返しプリズム8における光路の折り返しが横方向となるように光学系を配置したが、例えば、斜辺面に入射される光の光軸を中心として折り返しプリズム8を90° 回転させることにより光路の折り返しが縦方向（図7における垂直方向）となるようにしてもよく、光路を折り返す方向は任意に設定することが可能である。

## 【0039】

また、第1実施形態の構成について折り返しプリズム8を用いた光学系を適用する一例を示したが、第2実施形態の構成についても同様にして適用することが可能である。さらに、折り返しプリズム8を用いた光学系は、上述の図10および図11に示したような従来のVIP A型波長分散補償器に対しても、その小型化に有効である。図9に示す構成例は、従来のVIP A型波長分散補償器に折り返しプリズム8を用いた光学系を適用した場合の上面図である。

## 【0040】

以上、本明細書で開示した主な発明について以下にまとめる。

## 【0041】

（付記1） 相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその

一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品であって、

前記素子は、前記各反射面に略垂直な第1側面と、該第1側面に対向し、かつ、前記各反射面の垂直方向に対して傾いた第2側面とを有し、前記入射光が前記第1側面を透過した後に前記各反射面の間を通過して前記第2側面で反射され、該第2側面の反射光が前記各反射面で多重反射される構成としたことを特徴とする光部品。

【0042】

(付記2) 付記1に記載の光部品であって、

前記第2側面は、反射光が一次元方向に集光可能な形状の反射面を持つミラー部を少なくとも一部に形成したことを特徴とする光部品。

【0043】

(付記3) 付記1に記載の光部品であって、

前記第2側面は、前記各反射面の垂直方向に対して傾いた平面状のミラーを形成したことを特徴とする光部品。

【0044】

(付記4) 付記1に記載の光部品であって、

一次元方向に集光する光を前記素子の第1側面に与える第1光学系を含むことを特徴とする光部品。

【0045】

(付記5) 付記4に記載の光部品であって、

前記第1光学系は、光ファイバから出射される光を平行光に変換するコリメートレンズと、該コリメートレンズで変換された平行光を一次元方向に集光するライン焦点レンズとを有し、該ライン焦点レンズから出射される光が前記素子の第1側面に与えられることを特徴とする光部品。

【0046】

(付記6) 付記4に記載の光部品であって、

前記第1光学系は、直交する軸の焦点距離が異なる2焦点レンズを有し、該2焦点レンズが前記素子の第1側面に形成され、光ファイバから出射される光が前記2焦点レンズを介して前記素子の第1側面に与えられることを特徴とする光部品。

【0047】

(付記7) 付記1に記載の光部品であって、

前記素子の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を異なる位置にそれぞれ集光する第2光学系を含むことを特徴とする光部品。

【0048】

(付記8) 相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、

該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を反射して前記光部品にそれぞれ戻す反射器とを備えた波長分散補償器であって、

前記光部品は、前記素子が前記各反射面に略垂直な第1側面と、該第1側面に対向し、かつ、前記各反射面の垂直方向に対して傾いた第2側面とを有し、前記入射光が前記第1側面を透過した後に前記各反射面の間を通過して前記第2側面で反射され、該第2側面の反射光が前記各反射面で多重反射される構成としたことを特徴とする波長分散補償器。

【0049】

(付記9) 付記8に記載の波長分散補償器であって、

一次元方向に集光する光を前記光部品に与える第1光学系と、

前記光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を、前記反射器の反射面上の異なる位置にそれぞれ集光する第2光学系とを備えたことを特徴とする波長分散補償器。

## 【0050】

(付記10) 相対する平行な2つの反射面を有する素子を含み、一次元方向に集光した光が前記素子の各反射面の間に入射され、当該入射光が各反射面で多重反射されながらその一部が一方の反射面を透過して出射され、当該出射光が干渉することにより波長に応じて進行方向の異なる光束が形成される分波機能を備えた光部品と、

該光部品の一方の反射面から異なる方向に出射される各波長の光束を反射して前記光部品にそれぞれ戻す反射器とを備えた波長分散補償器であって、

前記光部品の一方の反射面と前記反射器との間の光路上に、光の伝搬方向を反対方向に変えるための折り返しプリズムを備えて構成されたことを特徴とする波長分散補償器。

## 【0051】

(付記11) 付記10に記載の波長分散補償器であって、

前記光部品は、前記素子が前記各反射面に略垂直な第1側面と、該第1側面に対向し、かつ、前記各反射面の垂直方向に対して傾いた第2側面とを有し、前記入射光が前記第1側面を透過した後に前記各反射面の間を通過して前記第2側面で反射され、該第2側面の反射光が前記各反射面で多重反射される構成としたことを特徴とする波長分散補償器。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0052】

【図1】本発明の第1実施形態の全体構成を示す斜視図である。

【図2】図1のVIPA板付近の構成を拡大して示した側方断面図である。

【図3】第1実施形態における挿入損失の低減効果を説明するための特性図である。

【図4】本発明の第2実施形態の全体構成を示す斜視図である。

【図5】図4のVIPA板付近の構成を拡大して示した側方断面図である。

【図6】第2実施形態における2焦点レンズと光ファイバの相対的な配置を説明するための図である。

【図7】本発明の第3実施形態の全体構成を示す斜視図である。

【図8】図7の全体構成の上面図である。

【図9】第3実施形態に関連した他の構成例を示す上面図である。

【図10】従来のVIPA型波長分散補償器の構成例を示す斜視図である。

【図11】図10の構成例の上面図である。

【図12】従来のVIPAの動作原理を説明するためのモデルを示す図である。

【図13】従来のVIPAにおける干渉条件を説明するモデルを示す図である。

【図14】従来のVIPAについて入射光のビームウェストを細くしたときに発生する挿入損失を説明するための図である。

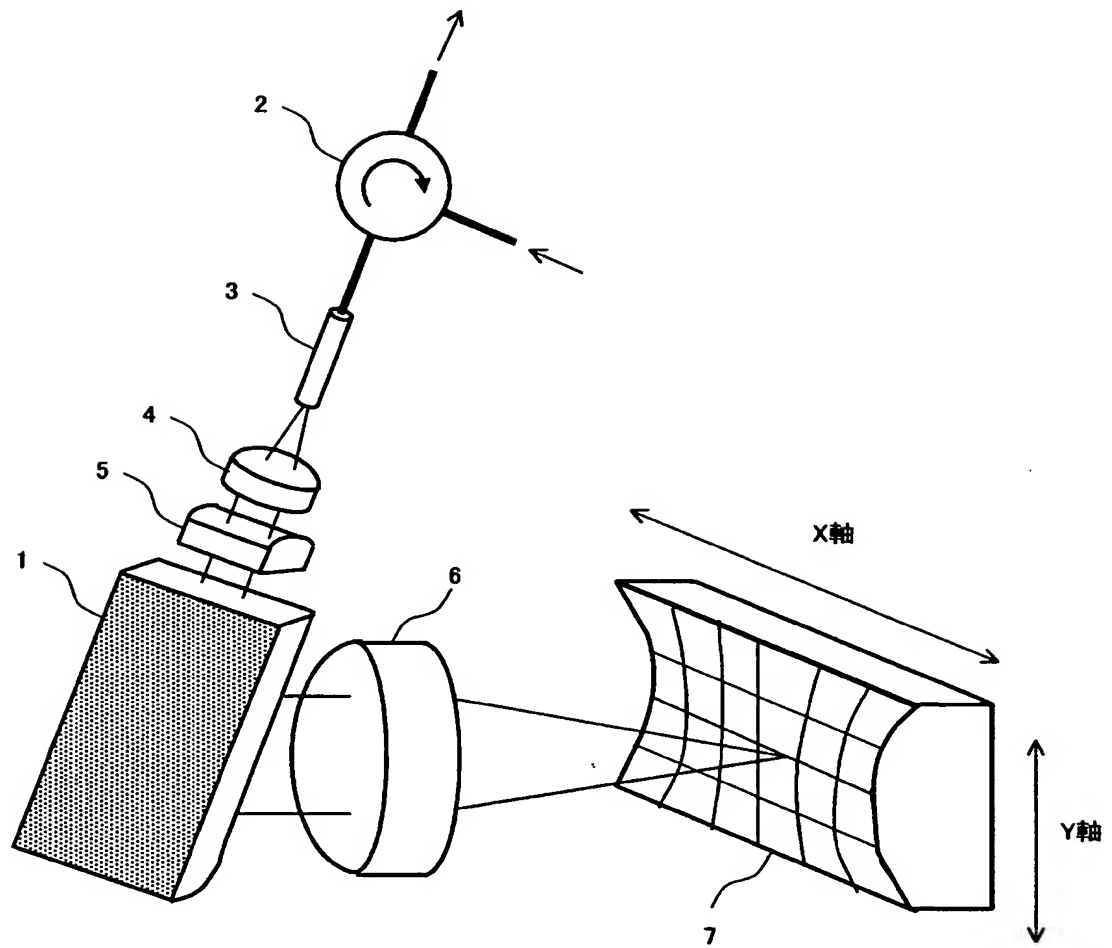
【図15】従来のVIPAについて入射光のビームウェストを太くしたときに発生する挿入損失を説明するための図である。

## 【符号の説明】

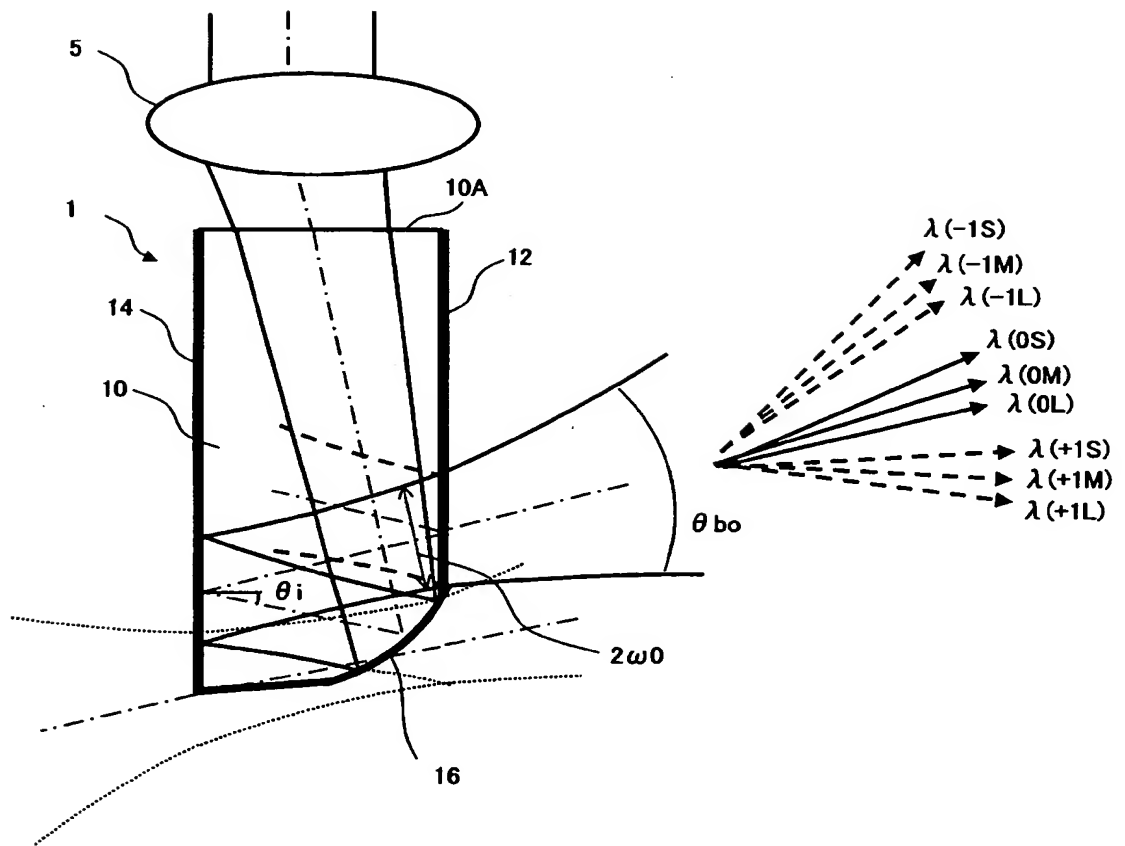
## 【0053】

- 1…VIPA板
- 2…光サーキュレータ
- 3…光ファイバ
- 4…コリメートレンズ
- 5…ライン焦点レンズ
- 6…収束レンズ
- 7…自由曲面ミラー
- 8…折り返しプリズム
- 10…ガラス板
- 10A…第1側面
- 12, 14…反射多層膜
- 16…凹面シリンダカルミラー部
- 18…2焦点レンズ

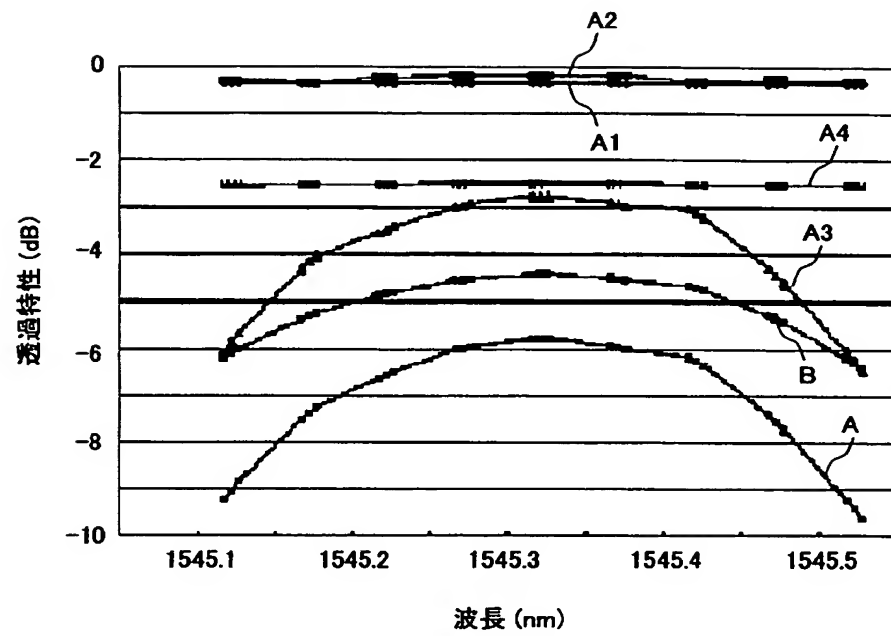
【書類名】 図面  
【図 1】



【図 2】

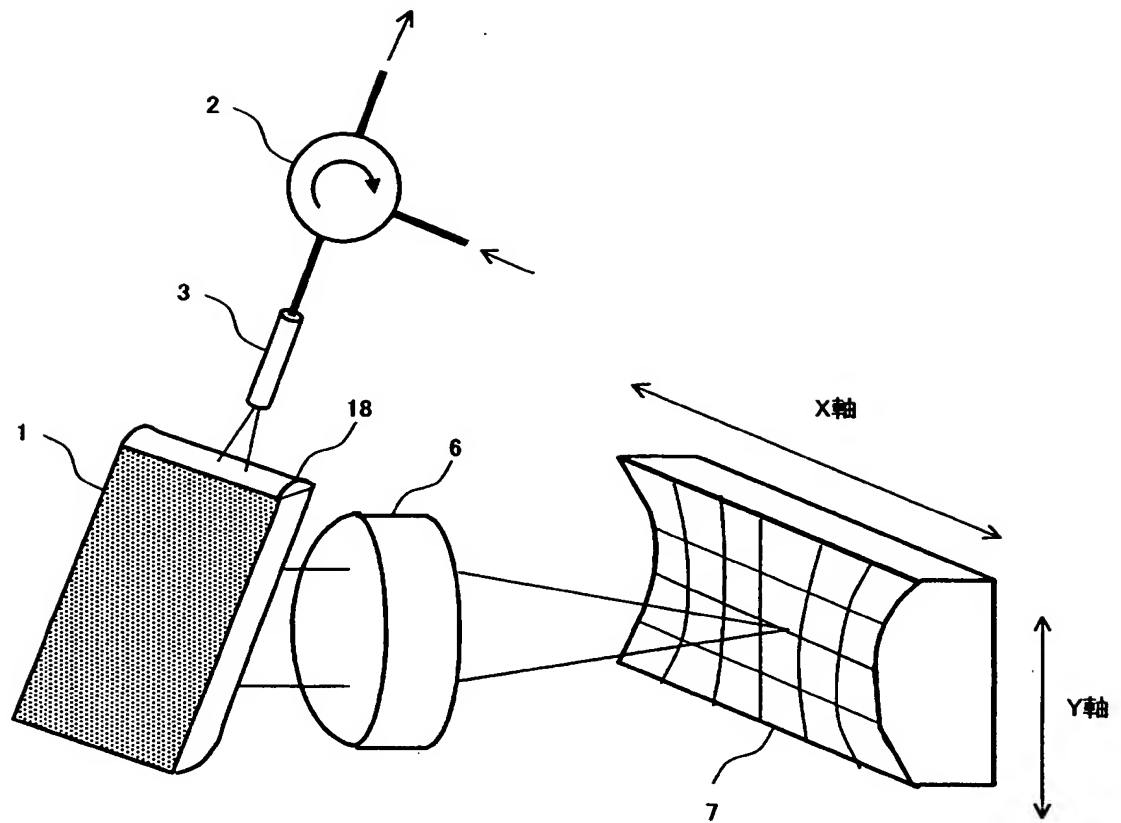


【図 3】

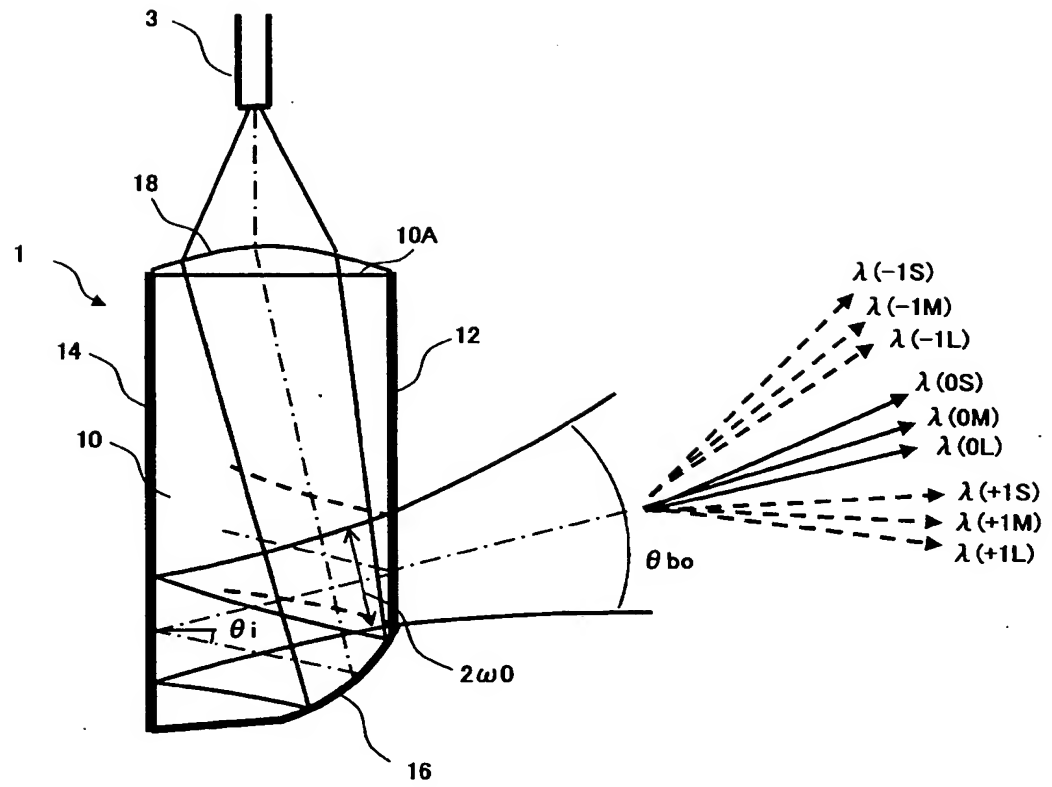




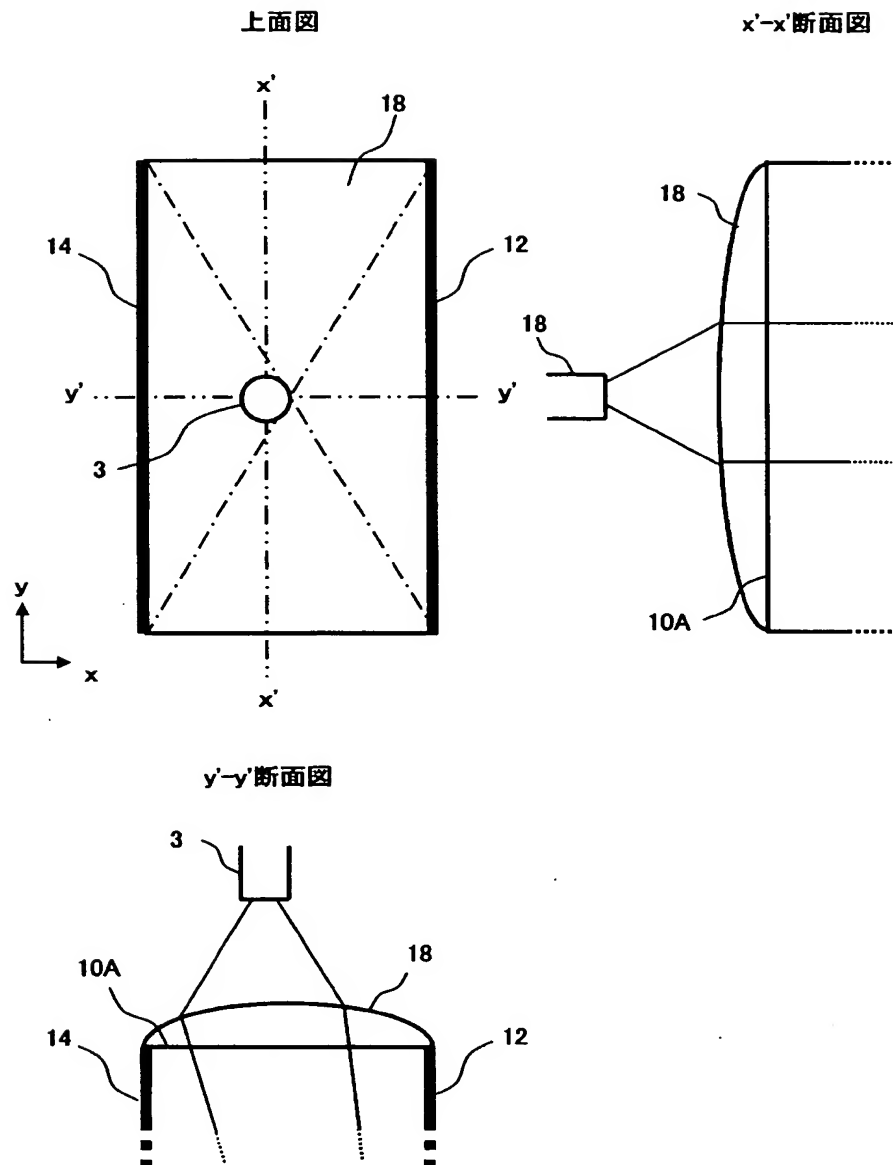
【図 4】



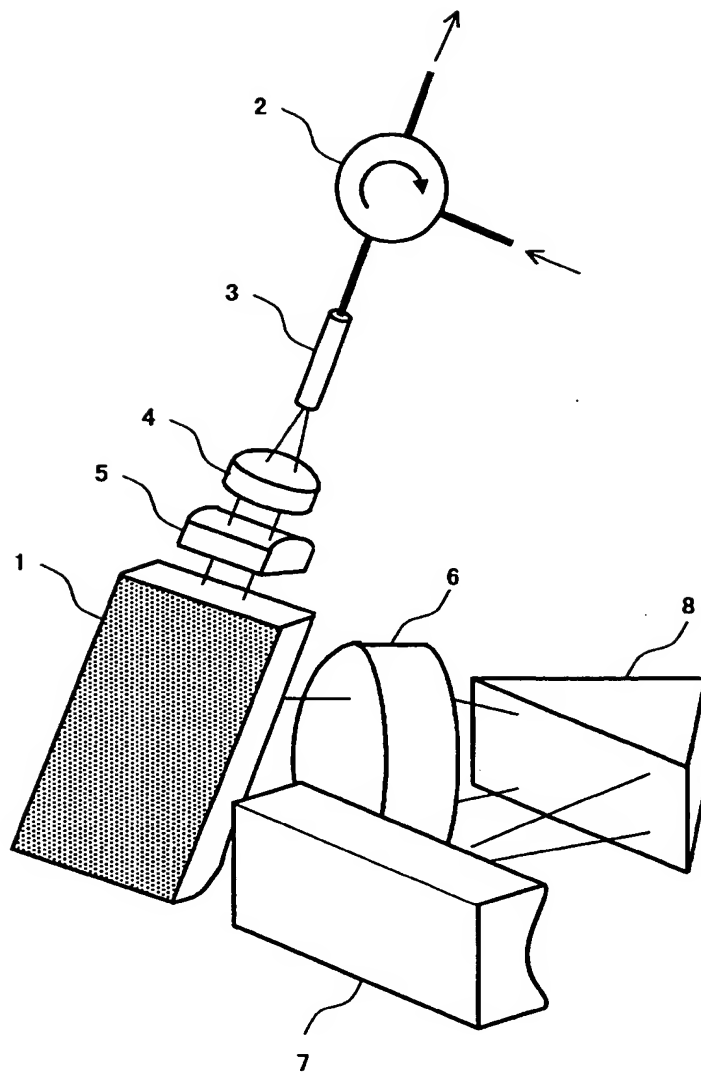
【図 5】



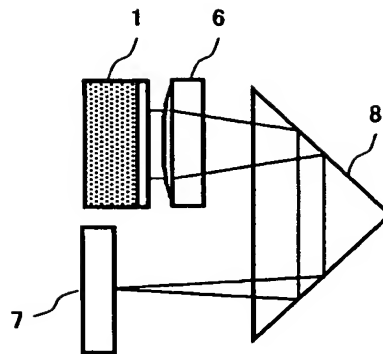
【図 6】



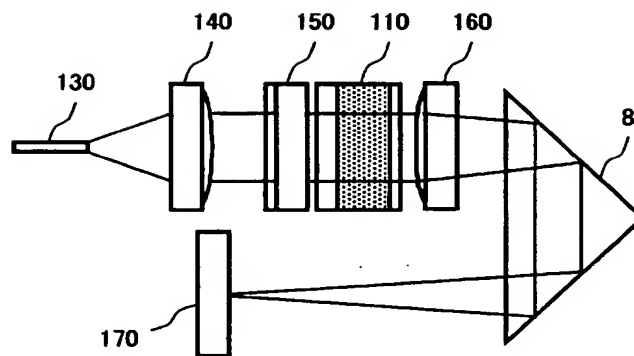
【図 7】



【図 8】

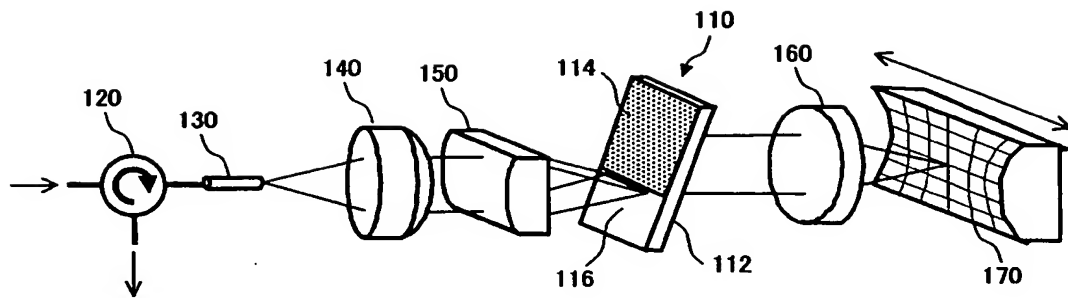


【図 9】



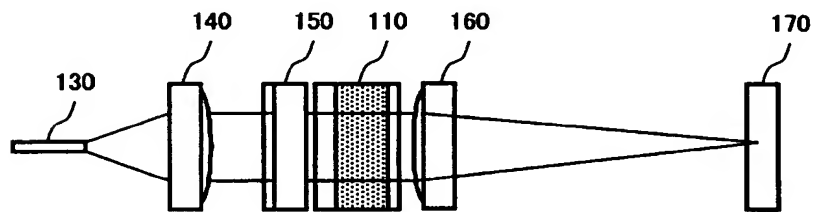
【図 10】

関連技術

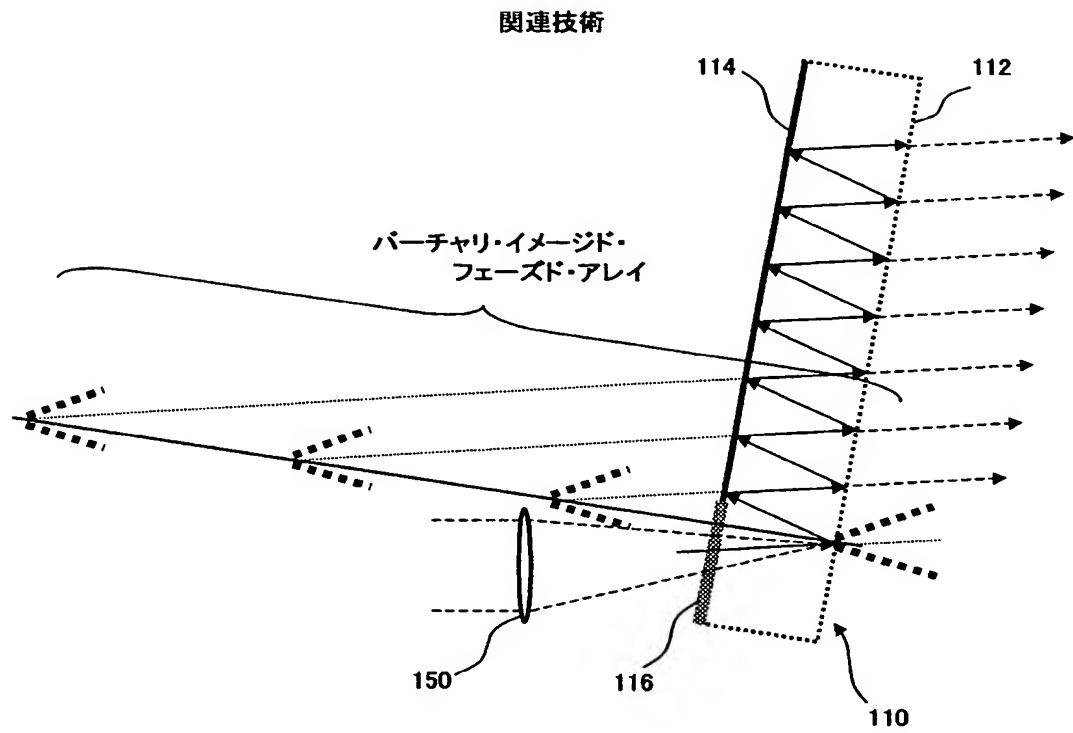


【図 11】

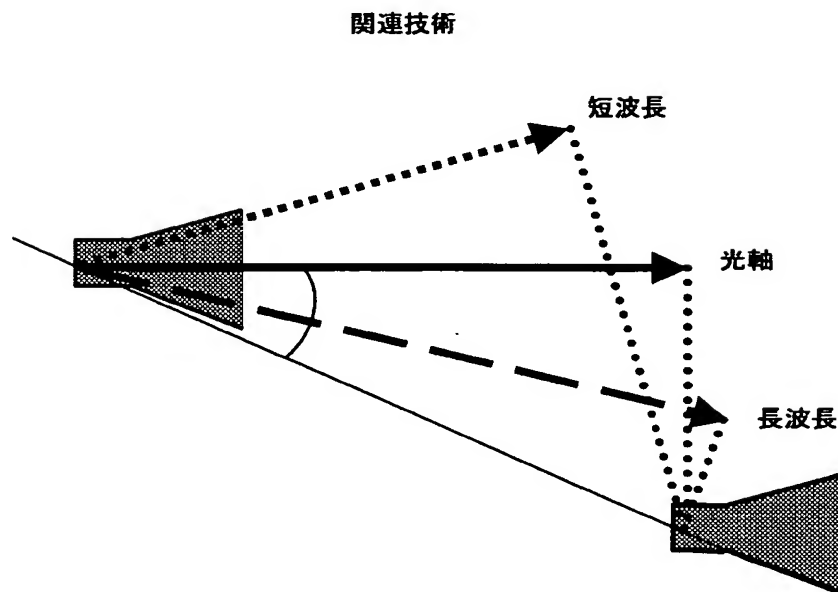
関連技術



【図 12】

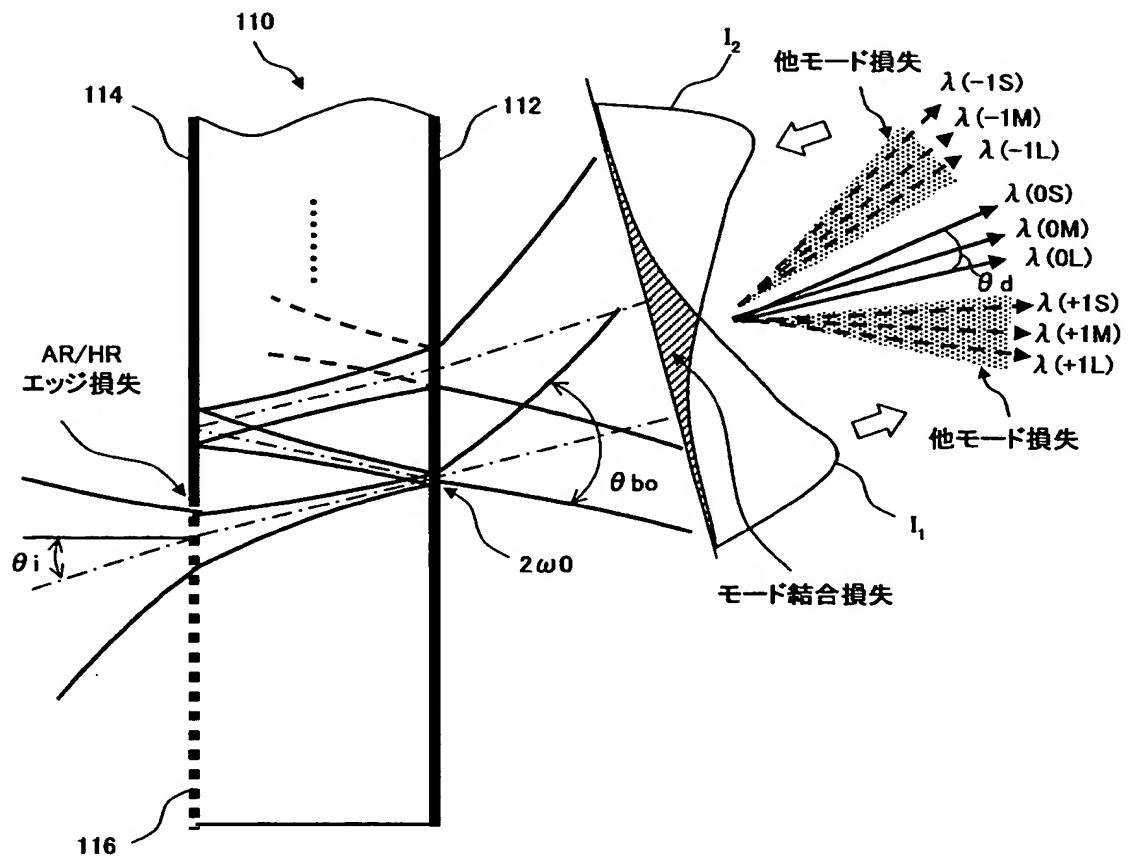


【図 13】



【図 14】

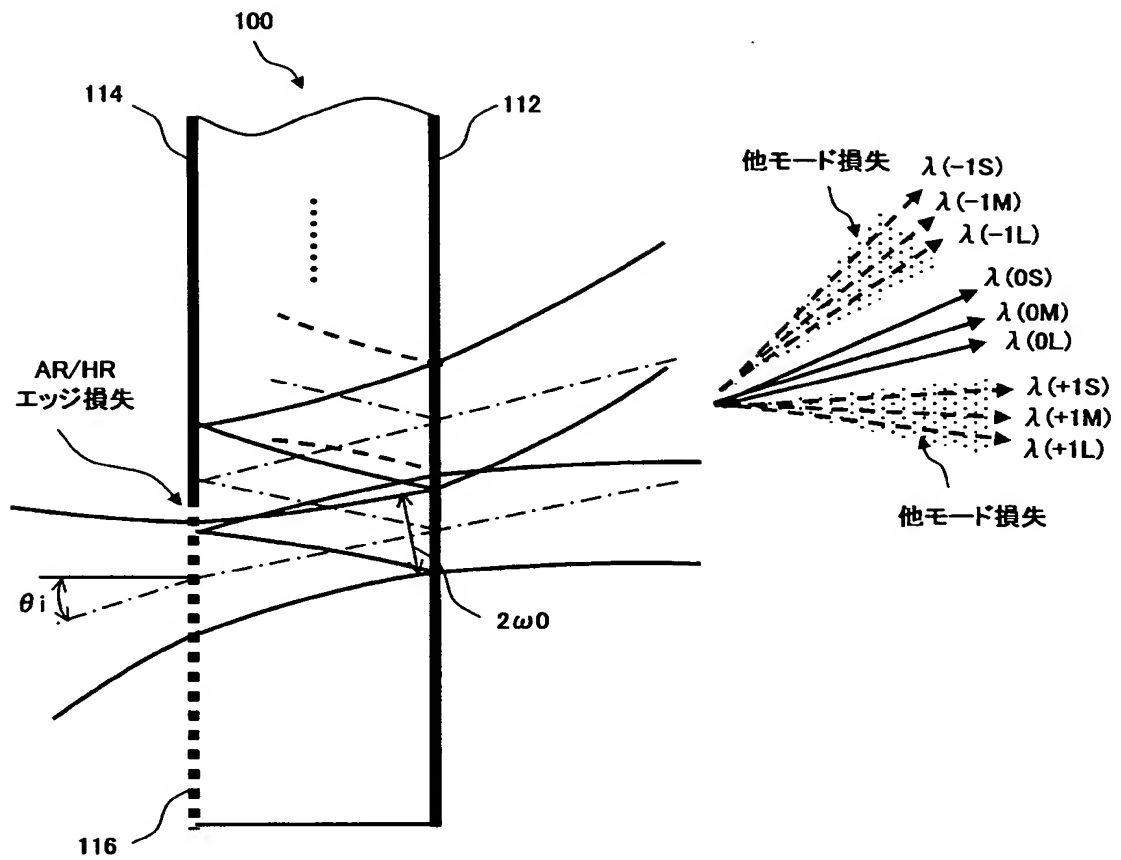
関連技術





【図 15】

関連技術



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 挿入損失の低減および小型化を可能にする分波機能を備えた光部品および波長分散補償器を提供する。

**【解決手段】** 本発明の分波機能を備えた光部品は、相対する平行な 2 つの反射面の間で入射光を多重反射させ、その多重反射光の干渉により波長に応じて進行方向の異なる光束を形成する V I P A 型の構成について、各反射面に略垂直な第 1 側面から入射光を与え、その入射光を第 1 側面に対向する第 2 側面で反射させて平行な反射面のいずれかの側に送ることで各反射面間での多重反射を発生させる。

**【選択図】** 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 9 8 2 3 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社